Медь в практике врача-уролога

CHROMOLAB

SCAN ME

+7(495) 369-33-09 | chromolab.ru

1. Биологическая роль меди

Медь (Cu) — жизненно необходимый микроэлемент, участвующий в регуляции множества биохимических и физиологических процессов, от энергетического обмена до поддержания репродуктивной функции. Она входит в состав более чем 20 ферментов и металлоферментов, которые определяют работу дыхательной цепи митохондрий, антиоксидантную защиту, синтез гормонов и белков соединительной ткани.

В мужской урогенитальной системе медь концентрируется в тканях предстательной железы, семенных пузырьков, яичек и эпидидимиса, где участвует в синтезе андрогенов, сперматогенезе и защите клеточных мембран от оксидативного стресса. Благодаря способности переходить между двухвалентными формами (Cu^{+} и Cu^{2+}), медь функционирует как универсальный регулятор окислительно-восстановительных процессов, поддерживая энергетический обмен сперматозоидов, стабильность сосудистой стенки и иммунный гомеостаз слизистой мочеполовых путей.

📌 **Роль меди в урогенитальной системе:**

- **Антиоксидантная защита.** Медь входит в состав ферментов церулоплазмина и медь-цинк-супероксиддисмутазы (Cu/Zn-SOD), которые нейтрализуют активные формы кислорода, защищая клетки предстательной железы, почек и яичек от оксидативного повреждения. Это особенно важно при хронических воспалительных заболеваниях и варикоцеле, где уровень свободных радикалов повышен.

- **Регуляция гормонального статуса.** Медь необходима для работы ферментов стероидогенеза — 17α-гидроксилазы и ароматазы, влияющих на синтез тестостерона и эстрогенов. Оптимальный уровень меди поддерживает нормальную продукцию андрогенов, половое влечение и сперматогенез.

- **Фертильность и подвижность сперматозоидов.** Медь регулирует активность митохондрий в сперматозоидах и участвует в защите их мембран от перекисного окисления липидов (ПОЛ). При дефиците меди отмечается снижение концентрации и подвижности сперматозоидов, увеличение доли морфологически аномальных форм.

- **Иммунный гомеостаз урогенитального тракта.** Медь влияет на функции макрофагов и нейтрофилов, модулируя местную воспалительную реакцию в слизистой мочеполовых путей. Баланс меди способствует снижению активности хронического воспаления при простатите, уретрите, эпидидимите и повышает устойчивость слизистой к

бактериальным инфекциям.

- **Контроль ангиогенеза и клеточной пролиферации.** Медь необходима для работы лизилоксидазы, фермента, обеспечивающего созревание коллагена и эластина, а также для активации факторов роста сосудов (VEGF). Эти процессы поддерживают нормальную микроциркуляцию и структурную целостность тканей малого таза, включая предстательную железу.

2. Исследование уровня меди показано:

Уровень в организме чувствителен к различным внешним и внутренним воздействиям: хроническому воспалению, метаболическим нарушениям, приёму антиоксидантных и цинксодержащих добавок, инфекционным и онкологическим процессам.

У пациентов урологического профиля дисбаланс меди встречается чаще, чем диагностируется, особенно на фоне хронических воспалительных заболеваний малого таза, метаболического синдрома и андрогенного дефицита. Даже умеренное снижение или, напротив, повышение меди в плазме крови может нарушать сперматогенез, микроциркуляцию, барьерную функцию эпителия и гормональный баланс.

Показания для определения уровня меди у мужчин:

- **Хронический простатит** (бактериальные и абактериальные формы). Дефицит меди снижает активность антиоксидантных ферментов (Cu/Zn-SOD, церулоплазмин), что способствует оксидативному стрессу и поддержанию воспаления в ткани простаты.

- **Мужское бесплодие.**
  Нарушение баланса меди ухудшает морфологию и подвижность сперматозоидов, снижает качество эякулята за счёт повреждения мембран и митохондрий сперматозоидов. При выраженном дефиците отмечается повышение уровня ДНК-фрагментации и снижение оплодотворяющей способности спермы.

- **Эректильная дисфункция, гипогонадизм, снижение либидо.**
  Медь участвует в синтезе андрогенов и регуляции активности ферментов стероидогенеза. Недостаток меди усугубляет сосудистую эндотелиальную дисфункцию и нарушает высвобождение оксида азота (NO), что приводит к ухудшению эрекции и ослаблению сосудистого тонуса.

- **Доброкачественная гиперплазия предстательной железы (ДГПЖ).**
  Дисбаланс меди, особенно в сочетании с низким уровнем цинка,

способствует повышению активности провоспалительных цитокинов и стимуляции клеточной пролиферации. Контроль меди целесообразен при прогрессирующей симптоматике или слабом ответе на терапию α-адреноблокаторами.

- **Рецидивирующие инфекции мочевых путей (цистит, уретрит, простатит).**
  Медь регулирует функции фагоцитов и антимикробную активность слизистой оболочки. Её дефицит ослабляет местный иммунный ответ и увеличивает частоту бактериальных и грибковых инфекций.

- **Пиелонефриты и хронические нефропатии**, в том числе метаболического происхождения.
  Низкий уровень меди ухудшает антиоксидантную защиту почек и способствует развитию микрососудистого фиброза, тогда как избыток меди может быть маркером воспалительного или опухолевого процесса.

- **Подозрение на опухоли предстательной железы, почек, мочевого пузыря.**
  Избыточное накопление меди наблюдается в злокачественных клетках и связано с активацией ангиогенеза и повышением экспрессии металлозависимых ферментов. В таких случаях анализ меди может дополнять диагностику и мониторинг лечения.

- **Приём лекарств и добавок.**
  Контроль меди показан пациентам, длительно принимающим цинк, железо, антиоксиданты, антибиотики или ИПП, поскольку эти препараты могут снижать её биодоступность и вызывать вторичный дефицит.

3. Состояния дисбаланса меди

Медь является элементом с двойственным биологическим действием:

- **дефицит** ослабляет антиоксидантную защиту и иммунный контроль, усиливает воспаление и оксидативный стресс;

- **избыток** стимулирует перекисное окисление липидов и провоспалительные сигнальные пути.

Состояния, ассоциированные с дефицитом меди

Дефицит меди — распространённое, но нередко недооценённое состояние, особенно у мужчин с хроническими воспалительными заболеваниями урогенитального тракта.

Причинами дефицита могут быть недостаточное поступление с пищей, нарушение всасывания в тонком кишечнике (при синдроме мальабсорбции, целиакии, хроническом гастрите), избыточный приём цинка, применение хелатов или ИПП, а также длительная диарея, воспалительные заболевания ЖКТ и алкоголизм. У мужчин снижение меди может наблюдаться при варикоцеле, после оперативных вмешательств на органах мошонки или простате, а также при длительном стрессе и дефиците белка.

- ухудшение параметров спермограммы — снижение подвижности, морфологической зрелости и жизнеспособности сперматозоидов, увеличение ДНК-фрагментации;
- гипогонадные симптомы: снижение либидо, эректильная дисфункция, ослабление андрогенного отклика;
- хроническая усталость, мышечная слабость, снижение толерантности к физической нагрузке;
- гипохромная или нормоцитарная анемия при нормальном уровне железа — следствие нарушения функции церулоплазмина и обмена железа;
- повышенная восприимчивость к инфекциям мочеполовых путей вследствие угнетения нейтрофильной активности;
- у пациентов с хроническим простатитом — усиление болевого синдрома, ощущение тяжести в промежности, низкая эффективность стандартной противовоспалительной терапии;
- замедленное заживление тканей после операций на органах малого таза.

Патофизиологически дефицит меди сопровождается повышением уровня свободных радикалов, снижением активности Cu/Zn-супероксиддисмутазы и церулоплазмина, нарушением синтеза коллагена и эластина. Это ведёт к ухудшению микроциркуляции, повышению проницаемости сосудов и хронизации воспаления.

Состояния, ассоциированные с избытком меди

Избыточное накопление меди встречается реже, но может наблюдаться при хронической интоксикации, печёночной недостаточности, профессиональных контактах с медью, а также при чрезмерном приёме БАДов или витаминно-минеральных комплексов, содержащих Cu. Нарушение функции

белков-транспортёров (ATP7A, ATP7B) или церулоплазмина также способствует повышению уровня свободной меди в плазме.

Основные симптомы избытка меди:

- **нейровегетативные расстройства:** раздражительность, бессонница, головные боли, эмоциональная неустойчивость;
- **воспалительные и метаболические признаки:** повышение С-реактивного белка (CRP), провоспалительных цитокинов (IL-6, TNF-α), субфебрилитет, чувство жара внизу живота;
- **репродуктивные нарушения:** снижение качества спермы за счёт окислительного повреждения ДНК сперматозоидов и нарушений митохондриального дыхания;
- **активация ангиогенеза и пролиферации клеток** — фактор риска гиперплазии и неопластических процессов в предстательной железе;
- **при длительном избытке меди** — фиброзные изменения стромы простаты, нефротоксичность, повышение давления в клубочковом аппарате и риск микропротеинурии.

4. Связь меди с ключевыми урологическими состояниями

- **Хронический простатит (Category III CP/CPPS):** При небактериальном хроническом простатите отмечаются отклонения содержания микроэлементов в предстательной железе. В частности, в простатическом секрете пациентов с CP/CPPS обнаруживают повышенный уровень меди. Считается, что избыток меди в тканях простаты способствует оксидативному стрессу и поддержанию хронического воспаления. Согласно новейшим данным, показатели Cu и соотношения Cu/Ca могут служить дополнительными диагностическими маркерами синдрома хронической тазовой боли. Баланс меди и магния в секрете простаты имеет диагностическую ценность: например, повышенные значения Cu и индекса Cu/Ca чаще соответствуют небактериальному (IIIb) простатиту. Таким образом, нарушение метаболизма меди рассматривается среди патогенетических звеньев CP/CPPS, а нормализация микроэлементного статуса может улучшить течение заболевания.
- **Мужское бесплодие:** Медь играет двойственную роль в сперматогенезе. С одной стороны, она необходима для созревания сперматозоидов и входит в состав ферментов антиоксидантной защиты. С другой стороны, избыток меди оказывает цитотоксический эффект на половые клетки. У

бесплодных мужчин часто выявляют повышенное содержание меди в крови и семенной плазме по сравнению с фертильными, тогда как уровень цинка у них снижен.

Высокая концентрация меди в эякуляте коррелирует с ухудшением подвижности сперматозоидов и их повреждением через перекисное окисление липидов мембран. Экспериментально показано, что избыточная медь в репродуктивных органах (например, при имплантации медных фрагментов в мошонку животных) приводит к угнетению сперматогенеза. Таким образом, относительная гиперкупремия является фактором риска мужского бесплодия, и оптимальное содержание меди важно для нормального созревания и функционирования сперматозоидов.

- **Эректильная дисфункция:** На нормальную эрекцию влияют сосудистые, неврологические и гормональные механизмы – все они могут зависеть от статуса микроэлементов. Медь опосредует синтез оксида азота (NO) – ключевого медиатора расслабления сосудов полового члена. При дефиците меди снижается активность NO-синтазы, что ухудшает кровенаполнение кавернозных тел и потенцию. Кроме того, недостаточная обеспеченность Cu может способствовать снижению уровня тестостерона, усугубляя эректильные нарушения.
- **Инфекции мочеполовой системы:** Полноценная работа иммунной системы во многом зависит от микроэлементов, в том числе меди. При состояниях, ассоциированных с дефицитом отмечается снижение количества и функции нейтрофилов, угнетение бактерицидной активности макрофагов и угнетение выработки антител. Как следствие, дефицит меди повышает восприимчивость организма к различным инфекциям. Клинически это может проявляться частыми или тяжелыми инфекциями мочевыводящих путей (циститы, пиелонефриты), медленным заживлением воспалительных очагов. С другой стороны, повышенный уровень меди типично наблюдается при острых воспалительных реакциях – организм мобилизует медь в очаг инфекции, так как этот металл токсичен для ряда микробов.
- **Онкоурология:** Дисбаланс микроэлементов может быть вовлечен в канцерогенез урогенитальной области. Установлено, что у пациентов с раком предстательной железы (РПЖ) уровень меди в сыворотке значимо повышен по сравнению с здоровыми людьми и даже с больными доброкачественной гиперплазией простаты. Гиперкупремия может способствовать опухолевому росту через генерацию свободных радикалов и повреждение ДНК. Считается, что избыток меди стимулирует ангиогенез и пролиферацию опухолевых клеток, а также подавляет противоопухолевый иммунитет. В связи с этим разрабатываются методы медной депривации (хелаторы Cu) как потенциальная терапия при

некоторых видах рака. Что касается дефицита меди, его влияние на урологические опухоли изучено меньше; однако тяжелый медный дефицит может нарушать репарацию ДНК и механизм апоптоза, теоретически повышая риск мутаций. Практически же у пациентов онкоурологического профиля чаще встречается повышенный уровень меди, поэтому этот показатель рассматривается как возможный прогностический и диагностический маркер в онкоурологии.

5. Преимущества определения уровня меди методом хромато-масс-спектрометрии (ХМС)

Хромато-масс-спектрометрия – **«золотой стандарт»** количественного анализа микроэлементов в биологических пробах. Данный метод сочетает высокоэффективную хроматографическую разделяющую способность с специфичностью масс-спектрометрического детектирования.

В сыворотке крови присутствует множество других металлов и органических соединений, способных мешать точному измерению концентрации меди. Преимущество ХМС в том, что на этапе хроматографии медь селективно отделяется от мешающих примесей, благодаря чему существенно снижается риск завышенных или заниженных результатов. Для определения меди метод ХМС обеспечивает высочайшую точность (порядка >99%), отличную воспроизводимость результатов и отсутствие перекрёстных реакций с другими элементами. Это особенно важно при низких содержаниях анализируемого элемента. В лабораторной практике ХМС позволяет обнаруживать даже минимальные изменения концентрации меди в различных биоматериалах, повышая чувствительность диагностики.

6. Chromolab рядом с вами

Мы в **Chromolab** понимаем, что врачу важно опираться не только на теоретическую информацию, но и видеть примеры успешного решения клинических задач. Поэтому мы не просто выполняем лабораторные исследования, а помогаем врачам применять их результаты для улучшения качества жизни пациентов.

Мы осуществляем всестороннюю поддержку врачей и проводим консультации для решения сложных вопросов лабораторной диагностики, всегда готовы к сотрудничеству и обмену опытом.

Для вас это означает уверенность в результатах лабораторных исследований, а для ваших пациентов — своевременную помощь и доверие к выбранной тактике лечения.

👉 Подробнее на сайте:

7. Список литературы

1. Wu W., et al. Mendelian Randomization Reveals Serum Copper as a Risk Factor for Erectile Dysfunction. Biol Trace Elem Res. 2024 (epub ahead of print).

2. Emokpae M.A., Moronkeji M.A. Association of Copper-to-Zinc Ratio with Sperm Concentration among Males Investigated for Infertility. J Infertil Reprod Biol. 2020; 8(3):49-52.

3. Saleh S.A.K., Adly H.M., Abdelkhaliq A.A., Nassir A.M. Serum Levels of Selenium, Zinc, Copper, Manganese, and Iron in Prostate Cancer Patients. Curr Urol. 2020; 14(1):44–49.

4. Cheng F., et al. Relationship between copper and immunity: The potential role of copper in tumor immunity. Front Oncol. 2022; 12:1019153.